effzett

DAS MAGAZIN AUS DEM FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH

1-24



Energie auf Vorrat

Sonne und Wind liefern nicht ständig: Um unseren Energiehunger jederzeit zu stillen, braucht es künftig mehr Speicher

OFFENER UMGANG
Mit Open Science Fehlverhalten vermeiden

MEHR SICHERHEIT
Besucherströme bei Fußball-EM simuliert

BUNTER MIX
Kein Gehirn ist typisch Mann oder Frau



↑

Kein Schattenspender, sondern Wolkenstürmer

Ein Wetterballon wartet in den chilenischen Anden darauf, losgelassen zu werden.
Seine Sensoren sollen Spurengase, Aerosole und Wolkenpartikel bis in rund 30 Kilometer Höhe erfassen.
Die Messungen in Chile und Südafrika sind Teil einer Kampagne von Atmosphärenforscher:innen aus Jülich,
der Universidad Técnica Federico Santa Maria in Chile sowie des südafrikanischen Wetterdienstes SAWS.
Die Partner wollen damit mehr über die Atmosphärenprozesse in der südlichen Hemisphäre herausfinden,
insbesondere über den Transport von Luft mit hohen Ozonkonzentrationen aus der Stratosphäre in
die Troposphäre. Dieser Transport beeinflusst die Luftqualität in der bodennahen Atmosphäre.

NACHRICHTEN

5

TITELTHEMA



Mehr Energiereserven anlegen

Steigt der Anteil an Energie aus Wind- und Sonnenkraft, braucht es neue und mehr Speicher. Dann gibt es auch bei Flaute Strom.

8

FORSCHUNG

Wenn die Fans strömen



Computersimulationen helfen, Besuchermassen bei der Fußball-EM bestmöglich zu lenken.

18

Innovatives Containerkonzept

Der erste europäische Exascale-Rechner bekommt ein besonderes Zuhause.

22

Typisch Mann? Typisch Frau? Typisch ICH!

Susanne Weis untersucht, ob das biologische Geschlecht das Gehirn prägt.

24

Lichtblick

Bestimmte Defekte machen Perowskit-Solarzellen sehr effizient.

26

Existenz eines Exoten nachgewiesen

Hopfionen – winzige 3D-Magnetstrukturen – könnten neue Wege in der Computertechnologie eröffnen.

27

THEMEN

Alles offenlegen!

Forscher:innen plädieren für mehr Transparenz in der Wissenschaft – so werden auch Fehler schnell sichtbar.

28

Die Beschleunigerin

106 Millionen Euro Fördergeld – Regine Palkovits erklärt im Interview, was damit gemacht wird und wofür sie sich als Forscherin engagiert.



32

RUBRIKEN

Aus der Redaktion
4

Impressum
4

Woran forschen Sie gerade?
21

Besserwissen
34

Gefällt uns
35

Forschung in einem Tröt
36

Auf Sand gebaut!



Urlaubszeit! Geht es ans Meer? Freuen Sie sich schon auf den warmen Sand am Strand? Ein findiges Unternehmen aus Finnland nutzt diese Fähigkeit von Sand, um Energie zu speichern. Ihre „Sandbatterie“ wird auf bis zu 500 Grad Celsius erhitzt und hält die Energie laut Unternehmen so mehrere Monate lang bereit. Eine erste kommerzielle Sandbatterie steht im Südwesten Finnlands. Bisher nur Theorie ist die Idee eines Forschungsteams aus Österreich. Es möchte das Gewicht des Sands nutzen: Wird Energie benötigt, wird Sand in einen ungenutzten Bergwerkschacht heruntergelassen und dabei eine Turbine angetrieben. Ist überschüssige Energie vorhanden, wird der Sand wieder nach oben transportiert – im Prinzip wie bei einem Pumpspeicherkraftwerk.

Pfiffige Ideen, aber für die Energiewende höchstens kleine Beiträge. Wir brauchen viel mehr und vor allem unterschiedliche Speicher. Etwa solche, die das Stromnetz bei Schwankungen in Bruchteilen von Sekunden stabil halten, oder Großspeicher, die wochenlange Flauten überbrücken. Lesen Sie, an welchen Speichertypen für Strom Jülicher Wissenschaftler:innen forschen und warum es nicht die eine Superbatterie geben wird.

Außerdem blickt Quantenforscher Vincent Mourik auf den Umgang mit Fehlern in der Wissenschaft, Jette Schumann hilft mit Computersimulationen den Sicherheitsfachleuten bei der Fußball-EM und Susanne Weis untersucht das Gehirn auf genderspezifische Merkmale.

Viel Vergnügen wünscht
Ihre effzett-Redaktion

Impressum

effzett Magazin des Forschungszentrums Jülich, ISSN 1433-7371

Herausgeber: Forschungszentrum Jülich GmbH, 52425 Jülich

Konzeption und Redaktion: Annette Stettien, Dr. Barbara Schunk, Christian Hohlfeld, Dr. Anne Rother (V.i.S.d.P.)

Autor:innen: Marcel Bülow, Dr. Frank Frick, Christian Hohlfeld, Guido Jansen, Katja Lüers, Dr. Regine Panknin, Dr. Arndt Reuning, Dr. Barbara Schunk, Tobias Schlößer, Brigitte Stahl-Busse, Annette Stettien, Erhard Zeiss, Peter Zekert.

Grafik und Layout: SeitenPlan GmbH, Dortmund

Bildnachweise: Forschungszentrum Jülich (20 (Montage SeitenPlan)); Forschungszentrum Jülich/Nikolai Kiselev (27 (alle)); Forschungszentrum Jülich/Sascha Kreklau (6 re., 11 re., 17, 21, 23 re. und u., 25, 29 u.); Forschungszentrum Jülich/Ralf-Uwe Limbach (11 li., 13 li, 14, 26, 30 o., 35); Forschungszentrum Jülich/Christian Rolf (2, 3 li. o.); Gesine Born (6 li.); D.LIVE (19); Kurt Fuchs/HI ERN (36); Diana Köhne (34 (Illustration)); Martin Leclaire (3 li. u., 18); Jens Neubert (Titel, 8–9, 11, 13, 15 (alle Illustrationen); privat (31 o.); Qinu GmbH, qinu.de (7 re.); United Kingdom Atomic Energy Authority UKAEA, courtesy of EUROfusion (7 li.); WSS, Felix Wey (3 re. u., 32–33 (alle); 2024, Eviden SAS (22–23 (Gebäude); alle im Folgenden genannten Motive sind von Shutterstock.com: Creations und Nejib Ahmed (Montage SeitenPlan) (5 o.); Jamesbin (3 re. o., 28, 30–31); LeManna (4 (SeitenPlan mit KI)); nepool (20 (Tablet)); NIKCOA (5. u.); NikhomTreeVector (22–23 (Bäume)); spacezerocom (34 (Hintergrunde))

Kontakt: Geschäftsbereich Unternehmenskommunikation, Tel.: 02461 61-4661, Fax: 02461 61-4666, E-Mail: info@fz-juelich.de

Druck: Schloemer Gruppe GmbH

Auflage: 2.800

MIX Papier aus verantwortungsvollen Quellen FSC® C022878

Druckprodukt mit finanziellem Klimabeitrag

grün gedruckt.de®

Alle in der effzett verwendeten Bezeichnungen sind geschlechtsneutral zu verstehen. Wird auf eine Nennung verschiedener Varianten der Bezeichnungen verzichtet, geschieht das allein aus Gründen der besseren Lesbarkeit.



PHOTOVOLTAIK

Solaranlagen als Feuermelder

Rauchschwaden verdunkeln den Himmel – immer wieder kommt es zu Wald- und Buschbränden mit zum Teil verheerenden Ausmaßen, wie etwa 2023 in Kanada und auf Hawaii oder 2019/20 in Australien. Solaranlagen könnten künftig helfen, Brandherde frühzeitig zu entdecken und zu überwachen. Die Anlagen reagieren nämlich empfindlich auf Rauch, wie eine Analyse australischer und deutscher Forscher:innen zeigt. Diese hatten anhand von Daten von 160 privaten Solaranlagen im australischen Bundesstaat New South Wales untersucht, wie sich Feinstaub von Bränden auf die Leistung von Solaranlagen auswirkt.

– HELMHOLTZ-INSTITUT ERLANGEN-NÜRNBERG FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN –

ALZHEIMERFORSCHUNG

Wirkstoff erreicht nächste Phase

PRI-002, ein in Jülich und Düsseldorf entwickelter Wirkstoffkandidat gegen Alzheimer, darf jetzt an Erkrankten auf seine Wirksamkeit überprüft werden. Die Europäische Arzneimittelbehörde (EMA) hat eine entsprechende klinische Phase-II-Studie genehmigt. Die Ergebnisse der Tests mit 270 Patient:innen in einem frühen Stadium der Krankheit sollen bis 2026 vorliegen. Danach soll – so die Hoffnung – die dritte und letzte Studienphase beginnen. Die Phase-II-Studie führen die Jülicher Ausgründung Priavoid und das Unternehmen PRInnovation durch – finanziert von der Bundesagentur für Sprunginnovation SPRIND.

– INSTITUT FÜR BIOLOGISCHE INFORMATIONSPROZESSE –





„Angesichts der Herausforderungen bei den Energienetzen können Quantencomputing und Quantenkommunikation zu einem echten Gamechanger werden.“

Prof. Andrea Benigni, Direktor am Institute for Climate and Energy Systems (ICE-1), geht davon aus, dass Planung und Betrieb von Energienetzen immer aufwendiger werden. Das liegt an dem immer weiter steigenden Rechenaufwand – weil beispielsweise das Stromnetz durch den Ausbau der erneuerbaren Energien komplexer und flexibler wird oder die Cybersicherheit erhöht werden muss. Das kürzlich gestartete und von Jülich koordinierte NRW-Projekt QuGrids bringt Energie-, Quantenforschung sowie Industrie zusammen, um Lösungen zu finden.

38

Millionen Euro

erhält die Forschungsinfrastruktur EBRAINS in den kommenden zwei Jahren von der Europäischen Kommission. Damit soll die im Human Brain Project (HBP) entwickelte Plattform für Neurowissenschaften weiter ausgebaut werden. In EBRAINS – kurz für European Brain Research Infrastructures – kooperieren 59 Partner, um die Komplexität des Gehirns mit digitalen Methoden und Analysewerkzeugen zu erforschen und neues Wissen in medizinische und technologische Anwendungen umzusetzen.

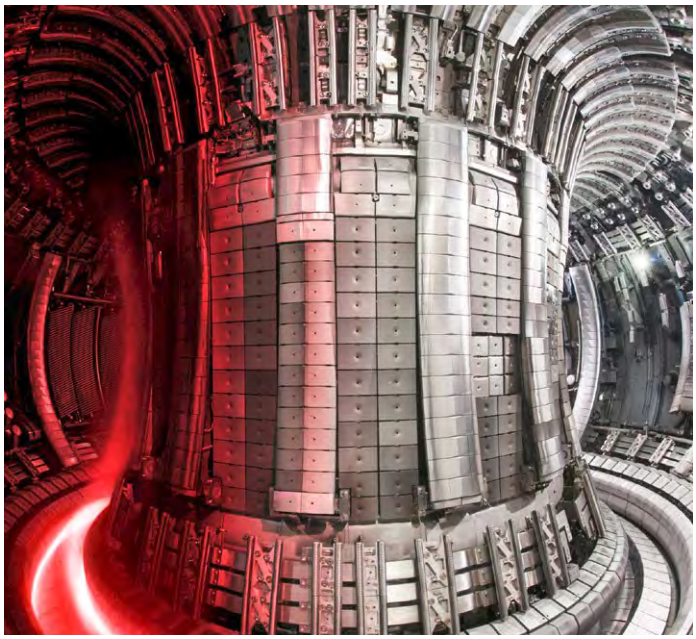
– INSTITUT FÜR NEUROWISSENSCHAFTEN UND MEDIZIN –



AUSZEICHNUNG

Zwei neue Mitglieder

Die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina hat zwei Jülicher Wissenschaftlerinnen als neue Mitglieder aufgenommen. Die Vorstandsvorsitzende des Forschungszentrums, die Quantenphysikerin Prof. Astrid Lambrecht, ist der Fachsektion Physik zugeordnet. Die Hirnforscherin Prof. Katrin Amunts, die in Jülich und an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf arbeitet, wird in der Sektion Psychologie und Kognitionswissenschaften aktiv sein. Zu Mitgliedern der Akademie werden Forscher:innen gewählt, die sich durch bedeutende wissenschaftliche Leistungen auszeichnen.



Weltrekord bei Kernfusion

Mit einem Energiepuls von 69 Megajoule hat die Versuchsanlage für Kernfusionsreaktoren Joint European Torus (JET) die bislang größte Energiemenge aus einer Kernfusion erzeugt. Damit könnte etwa ein Fernseher mehrere Stunden laufen. Der Energiepuls dauerte 6 Sekunden. Forscher:innen des europäischen Konsortiums EUROfusion, darunter auch Jülicher Wissenschaftler:innen, hatten ihn mit 0,2 Milligramm Brennstoff erzeugt. Für dieselbe Energiemenge würde ein Kraftwerk 2 Kilogramm Kohle benötigen. Die Erkenntnisse der Versuche fließen in den Nachfolger des mittlerweile außer Betrieb gestellten JET ein: das internationale Fusionsexperiment ITER, das derzeit in Südfrankreich gebaut wird und als Ziel hat, Plasmen mit 500 Megawatt Fusionsleistung für mehrere Hundert Sekunden zu erzeugen.

– INSTITUTE OF FUSION ENERGY AND NUCLEAR WASTE MANAGEMENT –

ENERGIEFORSCHUNG

Wasserstoff-versorgung gestartet

Die Zukunft der klimafreundlichen Energieversorgung am Hermann-Josef-Krankenhaus Erkelenz hat begonnen. Seit März 2024 läuft das dezentrale Brennstoffzellensystem der Robert Bosch GmbH und damit die erste Stufe des Demonstrationsvorhabens Multi-SOFC Erkelenz. Bis 2026 soll ein Fünftel des Strom- und Wärmebedarfs des Krankenhauses durch die Kombination verschiedener Wasserstofftechnologien abgedeckt werden. Das Helmholtz-Cluster Wasserstoff (HC-H2), dessen Kern das Jülicher Institut für nachhaltige Wasserstoffwirtschaft bildet, koordiniert das Vorhaben.

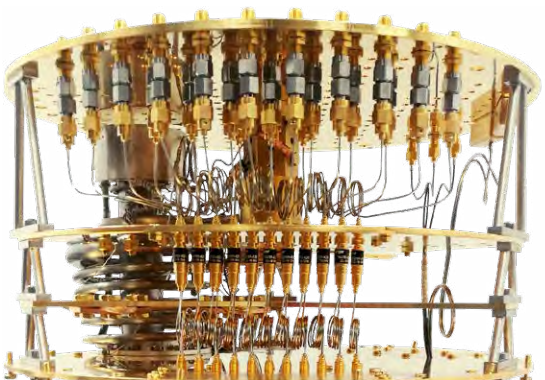
– INSTITUT FÜR NACHHALTIGE WASSERSTOFFWIRTSCHAFT –

QUANTENFORSCHUNG

Stabilere Quantenbits

Supraleitende Quantenbits könnten künftig bis zu 7-mal stabiler werden. Jülicher und Karlsruher Physiker:innen haben herausgefunden, dass sich sogenannte Josephson-Kontakte – grundlegende Bausteine supraleitender Quantencomputer – komplexer verhalten als bislang angenommen. Es treten Oberschwingungen auf – ähnlich wie bei einem Musikinstrument, bei dem die einfache Grundschwingung von Obertönen überlagert wird. Damit ändert sich die seit rund 50 Jahren gültige mathematische Gleichung zur Beschreibung von Josephson-Kontakten. Dadurch können Fehler in supraleitenden Quantenbits besser verstanden und in der Zukunft verringert werden.

– JÜLICH SUPERCOMPUTING CENTRE/ PETER GRÜNBERG INSTITUT –



Mehr Energiereserven anlegen



Mit jedem Prozent mehr Strom aus Wind und Sonnenkraft wird deutlicher: Es braucht mehr Speicher für die Energiewende. Insbesondere unterschiedliche Speicher - nicht nur verschiedene Batterietypen, sondern auch Wasserstoff. Nur so lassen sich Schwankungen ausgleichen, Flauten überbrücken und das Netz stabil halten.





Spare in der Zeit, so hast du in der Not.“ Diese Weisheit hat der Mensch im Laufe seiner Geschichte schon so manches Mal beherzigt. So fingen zum Beispiel vor rund 11.000 Jahren unsere Vorfahren an, Getreide und Fleisch haltbar zu machen und Vorräte für den Winter sowie schlechte Zeiten anzulegen. Erste Vorratsspeicher waren Gefäße aus Keramik, mittlerweile nutzen wir unter anderem Getreidespeicher, Kühlgeräte und Konserven. Heute gilt es, die Weisheit auf ein weiteres wichtiges Gut anzuwenden: auf Energie. Auch hier geht es darum, Überschüsse zu speichern, um später Engpässe auszugleichen.

Mit solchen Engpässen müssen wir künftig rechnen, denn unsere Energieversorgung ändert sich. Bislang haben Kraftwerke immer so viel Energie erzeugt, dass Angebot und Nachfrage stets im Gleichgewicht gehalten wurden. Doch dazu haben wir vor allem fossile Brennstoffe verfeuert und so klimaschädliche Treibhausgase in die Atmosphäre geblasen. Um die Erderwärmung, wie im Pariser Klimavertrag vereinbart, unter 2 Grad Celsius zu halten, baut Deutschland die erneuerbaren Energien aus. Deren Anteil am Stromverbrauch soll bis 2030 auf 80 Prozent steigen. 2023 deckten die Erneuerbaren mit knapp 52 Prozent erstmals mehr als die Hälfte des Stromverbrauchs ab.

Doch Wind und Sonne sind launisch. Sie liefern Energie weder auf Knopfdruck noch konstant. „Wir müssen uns darauf einstellen, dass die Stromerzeugung künftig weniger beeinflussbar und planbar sein wird als heute. Aber wir werden mit Wind und Sonne immer wieder mehr Energie erzeugen, als tatsächlich zu dem Zeitpunkt benötigt wird. Diesen Überschuss müssen wir speichern, um über die Nacht zu kommen, durch Wind- und Sonnenflauten, und um das Stromnetz kurzfristig stabil zu halten. Dafür benötigen wir mehr und verschiedene Arten von Speichern“, sagt Prof. Dirk Witthaut vom Institute for Climate and Energy Systems (ICE-1).

Batteriespeicher gelten als technologisch und wirtschaftlich bestes Mittel, um regenerativ erzeugten Strom effizient und möglichst verlustfrei zu speichern. Bei der Speicherung und der anschließenden Rückverstromung erhält man 80 bis 90 Prozent der ursprünglichen Energie zurück. Schon heute gleichen Batteriespeicher Schwankungen im Stromnetz aus und sorgen so für eine gleichmäßige und stabile Stromversorgung. Dabei geht es sowohl um Schwankungen im Sekundenbereich als auch im Minuten- und

METALL-LUFT-BATTERIEN

Noch kein langer Atem

Die Metall-Luft-Batterie verspricht theoretisch eine hohe Energiedichte, da Sauerstoff aus der Luft verwendet wird. Der Batterietyp wird deswegen leichter und es bleibt mehr Platz für die Metallanode, die dadurch größer ausfallen kann. Sie besteht aus Natrium, Eisen, Aluminium oder Zink, auch das Halbmetall Silizium wird dafür verwendet. „Wir erforschen fast alle Mitglieder der Metall-Luft-Batteriefamilie. Wichtig ist uns, dass die Metalle für die Anode eine hohe Energiedichte aufweisen und die Rohstoffe in großen Mengen verfügbar sowie unbedenklich für Mensch und Umwelt sind“, sagt Dr. Emre Durmus vom Institute of Energy Technologies (IET-1). Noch liefern die Metall-Luft-Batterien allerdings deutlich weniger Energie als erwartet und die Anzahl der Lade-Entlade-Zyklen reicht noch lange nicht für einen kommerziellen Einsatz. Die Forscher:innen arbeiten daran, die grundlegenden Ursachen dafür herauszufinden. „Unter anderem nutzen wir dafür sogenannte In-operando-Techniken, mit denen sich die Batteriekomponenten im Betrieb auf mikroskopischer Ebene beobachten lassen“, erklärt Durmus. „Die komplexen Lade- und Entladevorgänge besser zu verstehen, ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg, das theoretisch mögliche Potenzial des Batterietyps nutzbar zu machen.“

„Wir brauchen Speicher, um über die Nacht und durch Wind- und Sonnenflauten zu kommen.“

Dirk Witthaut



↑ Emre Durmus arbeitet daran, Metall-Luft-Batterien zu verbessern.

Stundenbereich. „Diese Schwankungen gibt es auch ohne erneuerbare Energien, aber durch den Ausbau können sie künftig häufiger auftreten, da es weniger konventionelle Kraftwerke geben wird, die mit ihren Generatoren und Schwungrädern kurzfristig Energie bereitstellen können“, erklärt der Experte für Netzstabilität.

Allerdings benötigt Deutschland große Kapazitäten, um wie geplant bis 2045 treibhausgasneutral zu werden. Allein bei den elektrischen Speicherkapazitäten für die kurz- und mittelfristige Stromspeicherung – also für das Speichern für Sekunden bis hin zu mehreren Tagen – braucht es etwa 156 Gigawattstunden, so eine Analyse des Institute of Climate and Energy Systems (ICE-2). Davon entfallen rund 97 Gigawattstunden auf Batteriespeicher, den Rest sollen Pumpspeicherwerke bereitstellen.

Von diesen Zahlen sind wir derzeit noch weit entfernt. Ende 2023 lag die Kapazität der rund 1,1 Millionen stationären Batteriespeicher bei 11,6 Gigawattstunden. Zwar hat sich im Jahr 2023 die Anzahl der neu installierten Anlagen in Deutschland zum sechsten Mal in Folge verdoppelt, doch es kommen vorwiegend kleinere Heimspeicher mit maximal 20 Kilowattstunden neu ans Netz – also eher Speicher für private Photovoltaikanlagen. Großbatteriespeicher mit über 1.000 Kilowattstunden, wie sie etwa Firmen für die Sicherstellung der eigenen Energieversorgung und das Laden der firmeneigenen Elektrofahrzeuge nutzen, werden bislang nur selten installiert. Stromnetzbetreiber benötigen sogar Anlagen im Bereich von mehreren Megawattstunden. Damit lassen sich größere Schwankungen ausgleichen, etwa wenn ein Windpark bei starken Böen kurzzeitig deutlich mehr Strom erzeugt oder die Leistung eines großen Photovoltaikfelds sinkt, weil Wolken die Sonne verdunkeln.

ABHÄNGIGKEITEN VERRINGERN

Derzeit marktbeherrschender Batterietyp in allen Größenordnungen ist der Lithium-Ionen-Akku – angefangen bei kleinen mobilen elektronischen Geräten wie Smartphones über Batterien von E-Autos bis hin zu stationären Stromspeichern. Lithium-Ionen-Akkus gelten als sehr effizient, verfügen über eine hohe Energiedichte und eine



↑ Dirk Witthaut betrachtet Speicher insbesondere im Hinblick auf die Stabilität der Stromnetze.

lange Lebensdauer. Für Prof. Martin Winter, Gründungsdirektor des Helmholtz-Instituts Münster (IMD-4, HI MS) und des MEET Batterieforschungszentrums der Universität Münster, ist dieser Akku-Typ das Maß aller Dinge. „Dabei hat diese eher junge Technologie noch lange nicht ihr Optimum erreicht“, betont der Batterieexperte.

Dennoch hält er es für falsch, nur auf diesen Typ zu setzen: „Manche Anforderungen an stationäre und mobile Speicher erfüllen möglicherweise andere Akku-Typen besser, die momentan technologisch noch nicht so ausgereift sind.“ Konkurrenz helfe außerdem, Preise niedrig zu halten. „Nach einem rasanten Preisanstieg 2021/22 ist der Preis für Lithium wieder deutlich gefallen. Das liegt daran, dass Natrium-Ionen-Akkus inzwischen für marktreif erklärt wurden und bereits in kleinen E-Auto-Prototypen eingesetzt werden“, verdeutlicht Winter.

Allerdings haben Natrium-Ionen-Akkus eine geringere Energiedichte. Um die gleiche Menge Energie zu speichern wie ein Lithium-Ionen-Akku, müssen sie schwerer und größer sein als dieser. Aber dafür haben sie einen anderen Pluspunkt: Natrium ist gut verfügbar, kostet wenig und ist vergleichsweise umweltfreundlich zu gewinnen. Das ist bei Lithium oft anders: Es gibt weniger Gebiete mit großen Vorkommen und die Gewinnung steht in vielen Fällen unter anderem wegen der damit verbundenen Umweltschäden in der Kritik. Das gilt ebenfalls für zwei weitere Bestandteile, die sowohl in Lithium- als auch Natrium-Ionen-Akkus verwendet werden: Nickel und Kobalt.

Forscher:innen des Institute of Energy Technologies (IET-1) suchen daher zum Beispiel nach neuen oder verbesserten Aktivmaterialien für die Kathode von Natrium-Ionen-Batterien, die möglichst ohne Kobalt und Nickel auskommen soll. Solche Arbeiten passen perfekt zum Dachkonzept Batterieforschung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Deutschland müsse seine Abhängigkeiten von teils politisch instabilen Weltregionen reduzieren und bei den Batterietechnologien künftig technologisch souverän agieren, heißt es dort. Um diese Ziele zu erfüllen, ist aus Sicht von Martin Winter anwendungsinspirierte Grundlagenforschung unabdingbar. Deshalb sieht er die aktuellen Kürzungen bei

FESTKÖRPERBATTERIEN

Bei niedrigerer Temperatur

Ein Elektrolyt ermöglicht bei Batterien, dass sich Ionen zwischen den zwei Elektroden bewegen. Bei jetzigen Lithium-Ionen-Akkus ist er flüssig. Doch das muss er nicht unbedingt sein. Batterien mit festem Elektrolyt gelten als besonders sicher, denn es kann nichts auslaufen und die Brandgefahr ist äußerst gering. Allerdings wandern Ionen in Feststoffen manchmal langsamer als in Flüssigkeiten.

Jülicher Wissenschaftler:innen arbeiten deshalb daran, die Ionenleitfähigkeit fester Materialien zu verbessern. Außerdem entwickeln sie Baukonzepte, welche die potenziellen Vorteile von Festkörperbatterien voll zur Geltung bringen. So hat beispielsweise ein Team um Dr. Frank Tietz vom Institute of Energy Materials and Devices (IMD-2) einen Weg gefunden, wie Ionen in Natrium-Schwefel-Festkörperbatterien bei Raumtemperatur schnell genug zwischen den Elektroden wandern. Dieser Batterietyp, der schon seit Jahrzehnten bekannt ist, funktioniert bisher erst bei Temperaturen von über 250 Grad Celsius zufriedenstellend. Das schränkt seine Einsatzmöglichkeiten stark ein. Das Team um Frank Tietz hat einen keramischen Elektrolyten hergestellt, der so dünn ist, dass sein flächenspezifischer Widerstand etwa zehnmal kleiner ist als üblich.

Prof. Dina Fattakhova-Rohlfing vom IMD-2 verbessert keramische Lithium- und Natrium-Batterien, genauer gesagt das Herstellungsverfahren dafür. „Diese Festkörperbatterien sind robust und sicher, allerdings ist die Herstellung mit herkömmlichen Methoden immer noch energieintensiv“, so die Wissenschaftlerin. Zur Herstellung von Zellkomponenten der Batterie wird keramisches Pulver meist stundenlang bei hohen Temperaturen in einem sogenannten Sinterprozess erhitzt, um es zu verdichten und zu verfestigen. „Neben dem hohen Energieverbrauch führt das zu hohen Produktionskosten und unerwünschtem Materialabbau, der die Leistungsfähigkeit der Batterie beeinträchtigt“, sagt Fattakhova-Rohlfing. Daher haben die Forscher:innen in ihrer Abteilung fortschrittliche Verarbeitungs- und Sintertechniken entwickelt, mit denen sich keramische Batterien und Batteriekomponenten bei niedrigeren Temperaturen und in kürzeren Produktionszeiten herstellen lassen. „Das ist entscheidend für die künftige Marktentwicklung dieses Batterietyps“, ist Fattakhova-Rohlfing überzeugt.

der Batterieforschung kritisch (siehe Interview Seite 17).

VIELFALT IST GEFRAGT

Sechs Kriterien sind laut Winter bei der Auswahl von Batterietypen entscheidend: Nachhaltigkeit, Kosten, Energiegehalt, Leistung, Lebensdauer und Sicherheit. „Je nachdem, welche Kriterien ein Batteriespeicher erfüllen soll, entscheidet sich, welchen Batterietyp wir verwenden sollten. Bei E-Autos stehen beispielsweise eher Volumen und Gewicht der Batterie im Vordergrund, bei stationären Batterien eher die Kosten“, fasst Winter zusammen. Am Helmholtz-Institut Münster und an den Instituten auf dem Jülicher Campus forschen Wissenschaftler:innen daher an verschiedenen Typen: neben den Lithium- und Natrium-Ionen-Batterien auch an Festkörperbatterien, Metall-Luft-Batterien und sogenannten Redox-Flow-Batterien (siehe Kästen).

Doch allein neue Batteriespeicher werden für die Energiewende nicht reichen. „Akkus lohnen sich, um Schwankungen des Stromverbrauchs über den Tag hinweg auszugleichen oder als Reserve für Stunden oder vielleicht sogar wenige Tage, aber nicht für saisonale Speicher, wenn es um Wochen oder gar Monate geht. Hier muss man andere Lösungen anwenden“, macht Martin Winter klar. Das sieht auch Prof. Andreas Peschel, Direktor des Instituts für nachhaltige Wasserwirtschaft (INW-4), so: „Wir brauchen Batterien, aber sie sind nicht geeignet, eine tagelange Dunkelflaute zu überbrücken oder die heutigen Winterspeicher für Erdgas klimafreundlich zu ersetzen.“ Für eine langfristige Speicherung von Energie empfehlen sich vor allem Wasserstoffbasierte Lösungen. Dabei wird die elektrische

„Akkus eignen sich nicht für saisonale Speicher. Hier muss man andere Lösungen anwenden.“

Martin Winter



↑ Dina Fattakhova-Rohlfing optimiert den Herstellungsprozess von Festkörperbatterien.

„Wasserstoffträger lassen sich ähnlich wie fossile Brennstoffe gut per Schiff aus Übersee transportieren.“

Andreas Peschel



↑ Andreas Peschel hat den Energieträger Wasserstoff im Fokus: Wie sich dieser beispielsweise speichern lässt und welche Lösungen zur bestehenden Infrastruktur passen .

Energie in chemische Energie umgewandelt, indem man mit ihr in Elektrolyseanlagen Wasserstoff aus Wasser erzeugt. In Brennstoffzellen kann die gespeicherte Energie wieder freigesetzt werden.

Wasserstoff lässt sich direkt als Energieträger einsetzen, aber auch als Reaktionspartner in Power-to-X-Technologien. Bei diesen wird der Strom aus erneuerbaren Quellen in Brenn- und Kraftstoffe oder Rohstoffe für die Industrie umgewandelt. Von besonderer Bedeutung sind dabei Syntheseprodukte wie etwa Methanol, Ammoniak und spezielle flüssige organische Verbindungen – sogenannte Liquid Organic Hydrogen Carrier, kurz LOHC. Zum einen lässt sich mit ihnen Energie bei Normaltemperatur und -druck bzw. nur geringfügig erhöhtem Druck speichern, zum anderen ist ihre Energiedichte pro Volumen deutlich höher als bei reinem Wasserstoff. „Solche Wasserstoffträger lassen sich ähnlich handhaben wie klassische fossile Brennstoffe und zum Beispiel gut per Schiff aus Übersee transportieren“, erläutert Peschel.

Allerdings gibt es beim Wasserstoff noch vieles zu erforschen und entwickeln. Am INW arbeiten Peschel und seine Kolleg:innen vom INW gemeinsam mit Partnern an innovativen Technologien, die es möglich machen sollen, auf Wasserstoff als Energieträger umzusatteln. Dabei geht es darum, dass Wasserstoff leichter transportiert, gespeichert und verwendet werden kann. Ziel sind wasserstoffbasierte Lösungen, die mit der bestehenden Infrastruktur kompatibel sind. Die Forscher:innen untersuchen hierzu auch, wie Wasserstoff aus chemischen Wasserstoffspeichern zurückgewonnen werden und in verschiedene Anwendungen integriert werden kann – etwa als Treib- und Brennstoff oder in der Chemie. Diese Forschung fließt in das Helmholtz-Cluster für nachhaltige und infrastrukturkompatible Wasserstoffwirtschaft HC-H2 ein. In dem Cluster wollen das INW und seine Partner das Rheinische Revier zu einer Wasserstoff-Modellregion entwickeln. Anfang März 2024 wurde das erste von mehreren geplanten Demonstrationsvorhaben in Betrieb genommen: ein Brennstoffzellensystem der Robert Bosch GmbH am Hermann-Josef-Krankenhaus in Erkelenz. In Kombination mit einer noch zu installierenden LOHC-Speichertechnologie soll die Anlage 20 Prozent des Strom- und Wärmebedarfs des Krankenhauses abdecken. „Das ist eine Größenordnung, mit der wir die Technologie für größere Bedarfe und andere Anwendungszwecke skalieren können, beispielsweise für Industrie und Gewerbe“, erläutert Peschel.

Auch andere Jülicher Institute beschäftigen sich mit Wasserstoff und Power-to-X-Technologien. Auf dem eigenen Campus erproben Jülicher Expert:innen sogar die Energiewende im kleinen Maßstab. Die Erkenntnisse des Projekts Living Lab Energy Campus (LLEC) sollen als Blaupause für Wohn- und Industriegebiete genutzt werden. Mithilfe unterschiedlicher Speichertechnologien wie etwa Großbatterien und Wasserstoff werden zum Beispiel Strom, Wärme und chemische Energie gekoppelt. Auch der Mobilitätssektor ist eingebunden, indem Batterien von E-Autos als Zwischenspeicher genutzt werden. Falls es künftig gelingt, dass viele Menschen ihre E-Autos als Energiespeicher für die öffentlichen Netze zur Verfügung stellen, müssten vermutlich deutlich weniger neue stationäre Batteriespeicher installiert werden. Jülicher Forscher:innen vom ICE-2 schätzen, dass E-Autos knapp zwei Drittel der bis 2045 benötigten 97 GWh Speicherkapazität bei Batterien abdecken könnten. Damit das möglich wird, müssen allerdings erst regulatorische Hürden für die Einspeisung von Strom aus der Fahrzeugbatterie ins Netz abgebaut und attraktive Geschäftsmodelle entwickelt werden. Hier sind noch viele Fragen offen.

Prinzipiell ist aber für die Jülicher Expert:innen klar: Wir brauchen verschiedene Speichertechnologien und mehr Speicher für ein klimaneutrales Energiesystem. Dann bleibt das Stromnetz stabil und niemand muss fürchten, bei einer Flaute im Dunkeln zu sitzen. Und wer weiß, vielleicht wird der Stromvorrat im Keller für künftige Generationen genauso üblich, wie für uns heute die mit Erbsen, Pizza und Aufbackbrötchen gefüllte Gefriertruhe.

FRANK FRICK/CHRISTIAN HOHLFELD



REDOX-FLOW-SYSTEME

Eine Kostenfrage

Redox-Flow-Systeme nehmen eine Sonderstellung unter den Batterien ein. Sie besitzen zwei Tanks mit je einem flüssigen Elektrolyten, außerdem zwei Reaktionskammern mit je einer Elektrode. Die Kammern sind durch eine Membran getrennt. Bei Bedarf werden die Elektrolytlösungen in zwei getrennten Kreisläufen durch die Reaktionskammern gepumpt, wo sie dann an den Elektroden unter Stromaufnahme oder Stromproduktion Elektronen aufnehmen oder abgeben.

Der Vorteil dieser Bauweise: Um das Speichervermögen von Redox-Flow-Batterien zu steigern, muss man lediglich das Volumen der Tanks vergrößern. Die Redox-Flow-Technologie verspricht somit Kostenvorteile bei großen Speichern. Dieses Versprechen kann sie bisher nicht einlösen, unter anderem weil die Elektrolytlösung im Handel befindlicher Redox-Flow-Systeme auf teuren Vanadiumverbindungen beruht. Ein Team um Mariano Grünebaum am Helmholtz-Institut Münster (IMD-4, HI MS) sucht deshalb nach leicht zugänglichen umweltfreundlichen Elektrolyten. Kürzlich hat es einen digitalen Bauplan veröffentlicht, mit dem jede Forschungsgruppe selbst kleine Redox-Flow-Batterien mittels 3D-Druck herstellen kann. Die Kosten dafür liegen bei 230 Euro – käufliche Redox-Flow-Systeme sind mindestens zehnmal so teuer.

Stromspeicher: Der richtige Typ für jeden Zeitraum



Kurzfristige Speicherung



Mittelfristige Speicherung



Langfristige Speicherung

Dauer	Sekunden bis Minuten	Stunden bis Tage	Tage bis Monate/Jahre
Aufgabe	• Netz bei akuten Spannungsschwankungen sofort stabil halten • aktuelle Unterschiede zwischen Stromverbrauch und -erzeugung ausgleichen	• Ausgleich von tagesüblichen Schwankungen bei Wind- und Sonnenenergie • Ausgleich von mehrtägigen Flauten	• Überbrücken von langen Flauten • Versorgung im Winter sichern
Besondere Anforderungen	• Energie muss sehr schnell verfügbar sein • Speicher müssen oft aufladbar sein • Beim Auf- und Entladen darf nur wenig Energie verloren gehen	• variieren je nach Einsatzbereich, manchmal muss Strom schnell verfügbar sein, manchmal nicht • in der Regel nur wenige Ladezyklen pro Tag	• Speicher braucht sehr hohe Kapazitäten • seltener Auf- und Entladen notwendig • Wirkungsgrad darf geringer sein
Beispiele für Stromspeicher	• Schwungradspeicher • Kondensatoren • Akkus	• Akkus • Pumpspeicherkraftwerke • Druckluftspeicher • Wasserstoff	• Wasserstoff • Power-to-Gas

Speicherarten



Chemischer Speicher
wandelt energiearme Stoffe chemisch in energiereiche Stoffe um, Wasser zum Beispiel durch Elektrolyse in Wasserstoff (und Sauerstoff)



Elektrochemischer Speicher
speichert Energie in Form elektrischer Ladungsträger



Mechanischer Speicher
wandelt elektrische Energie mechanisch in andere Energieform um: in einem Pumpspeicherkraftwerk etwa in potenzielle Energie (Wasser wird in ein höher gelegenes Becken gepumpt, beim Rückfluss treibt das Wasser Turbinen an)



Elektrischer Speicher
speichert Energie mithilfe eines elektrischen Felds

Gefahr für den Standort

Die Bundesregierung hat die Fördermittel für die Batterieforschung ab 2024 um rund 75 Prozent gekürzt. Vorausgegangen war ein Urteil des Bundesverfassungsgerichts, das der Regierung untersagte, Corona-Gelder für den Klimatransformationsfonds zu verwenden. Batterieexperte Prof. Martin Winter blickt auf die Folgen.

Herr Winter, wie bewerten sie die aktuelle Situation?
In den letzten 15 Jahren hat Deutschland deutlich mehr als eine Milliarde Euro in die Batterieforschung investiert. Es ist gelungen, eine international wettbewerbsfähige Forschungsinfrastruktur aufzubauen. Während andere Länder ihre Anstrengungen weiter verstärken, geben wir unsere Milliardeninvestitionen im Grunde auf. Wir müssen damit rechnen, international den Anschluss zu verlieren. Das ist gerade für ein Automobilindustrieland fatal.



Was sind die konkreten Konsequenzen?
Ohne die notwendigen Gelder lassen sich etwa Anlagen und Geräte nicht angemessen warten und betreiben. Wir werden wissenschaftliches Spitzenpersonal und damit Know-how verlieren. Zum Beispiel wird ein Großteil der rund 500 Menschen bei uns in Münster über die Projektförderung des Bundesforschungsministeriums finanziert. Wir werden viele nicht halten und die Abgänge nicht ersetzen können. Die Kürzungen wirken sich aber auch auf Nachwuchs und Unternehmen aus.

Inwiefern?
Mithilfe der Forschungsförderung entstehen auch Master- und Doktorarbeiten. Rechnen sich junge Menschen künftig weniger Chancen in der Batterieforschung aus, werden sie sich anderen Bereichen zuwenden. Dabei verspürt die Industrie bereits heute einen starken Fachkräftemangel. Und natürlich gehen Unternehmen dorthin, wo sie Fachkräfte finden. Die Frage bleibt: Soll das nach dem jetzigen Plan zukünftig außerhalb Deutschlands sein? Unsere Hoffnung ist es, dass der Bund in einem neuen Haushalt das notwendige Geld wieder bereitstellt. Dann hätten Deutschland zwar einen empfindlichen Einbruch, aber immerhin keinen Schlussstrich unter die deutschen Batterieforschung zu verzeichnen.

DIE FRAGEN STELLTE FRANK FRICK.

← Martin Winter, Gründungsdirektor des Helmholtz-Instituts Münster (IMD-4, HI MS) und des MEET Batterieforschungszentrums der Universität Münster, hat für seine Arbeiten mehr als 60 wissenschaftliche Auszeichnungen erhalten.



Wenn die Fans strömen

Im Sommer rollt in Deutschland der Ball. Doch für die Fußball-Europameisterschaft müssen Sicherheitsfachleute viele Dinge klären, etwa wie die Besucherströme am besten gelenkt werden. In Düsseldorf helfen dabei Computersimulationen.

Vor drei Jahren im Londoner Wembley-Stadion: Im Finale der Fußball-EM stehen sich England und Italien gegenüber. Bereits Stunden vor dem Anpfiff drängen sich die Fans an den überfüllten Zugängen. Und immer mehr Menschen strömen nach. Viele kommen sogar, obwohl sie kein Ticket mehr bekommen haben. Einigen gelingt es, die Absperrungen zu durchbrechen und in das Stadion zu stürmen. Es kommt zu einem Tumult. Rund 50 Personen nimmt die Polizei schließlich fest.

„Dann drücken wir quasi auf ‚Play' und schauen uns an, wie sich die Situation im Ganzen entwickelt."

JETTE SCHUMANN

Solche Szenen sollen sich im Sommer bei der UEFA EURO 2024 in Deutschland nicht wiederholen. Fünf Partien finden in der Düsseldorfer Arena statt. Dort ist Hauke Schmidt als Executive Director Safety Management des Stadionbetreibers D.LIVE für die Besuchersicherheit zuständig. Er blickt auf eine jahrelange Berufserfahrung zurück, daher weiß er: Die EM-Spiele sind nicht mit den üblichen Begegnungen der Fußball-Bundesliga zu vergleichen.

So muss etwa bei der EM rund ums Stadion ein zusätzlicher äußerer Sicherheitsbereich eingerichtet werden. Er soll verhindern, dass sich Personen unkontrolliert Zugang zum Stadion verschaffen. In Düsseldorf entsteht dadurch ein Problem: „Der U-Bahnhof direkt neben unserem Stadion liegt in diesem Sicherheitsring und darf deshalb nicht für die Anreise genutzt werden, sondern nur für die Abreise", erläutert der Sicherheitsexperte. Um Zuschauerinnen und Zuschauer zum Stadion zu bringen, fährt die Rheinbahn deshalb eine Haltestelle auf der gegenüberliegenden Seite der Arena an. Dies verändert, wie sich die anreisenden Fans auf die verschiedenen Wege zum Stadion verteilen.

Für Schmidt stellt sich die Frage, wie und wann sich die Besucherströme unter diesen ungewohnten Bedingungen rund ums Stadion verteilen – insbesondere auf die verschiedenen Eingänge.

← Dr. Jette Schumann untersucht, wie Fußballfans ins Stadion kommen und abreisen. Ihre Computersimulationen helfen bei der Planung für die Europameisterschaft.

„Dafür gibt es keine Blaupause und wir können auch keinen Testlauf machen. Trotzdem muss schon beim ersten Spiel alles reibungslos funktionieren", so der Sicherheitsexperte.

Eine weitere Herausforderung sind die Fanwalks. „Das ist ein organisierter, gemeinsamer Marsch der Anhänger eines Teams von einem vereinbarten Ort bis zum Stadion", erklärt Hauke Schmidt. „Und das können halt auch sehr, sehr viele Menschen werden – durchaus eine fünfstellige Zahl von Personen." Diese Masse kann die Anreise anderer Fans beeinträchtigen – wenn der Tross aus Tausenden Fußballbegeisterten zum Beispiel eine Kreuzung überquert und dabei den Autoverkehr zum Erliegen bringt. Auch Bahnübergänge, die auf der Route der Fanwalks liegen, zählen zu den neuralgischen Punkten.

Um die Besucherströme abschätzen und Gefahrenstelle identifizieren zu können, erhält Schmidt Unterstützung durch komplexe Computersimulationen. Die liefert das interdisziplinäre Forschungsprojekt CroMa-PRO (siehe Kasten). „Unsere Simulationen liefern verschiedene Szenarien für die zeitliche und räumliche Entwicklung von Besucherströmen. Diese erleichtern die Planung vor Ort", erklärt Jette Schumann vom Jülicher Institute for Advanced Simulation (IAS-7), eine der Projektverantwortlichen.

ALLE WEGE BETRACHTEN

Die Simulationen berücksichtigen zum einen die Anreise nach Düsseldorf per Pkw, Bus, Bahn und anderen Verkehrsmitteln. Dieser Teil wird vom Projektpartner DLR entwickelt. Am IAS-7 wird mithilfe eines agentenbasierten Modells simuliert, wie sich eine Vielzahl von einzelnen Personen vor Ort zu Fuß zum Stadion bewegt. Das Modell basiert auf Erkenntnissen zum Verhalten von Personen in großen Menschenmengen.



↑ Hauke Schmidt vom Stadionbetreiber D.LIVE kümmert sich um die Besuchersicherheit in der Düsseldorfer Arena.

„Wir geben am Anfang jeder virtuellen Person ein Ziel vor: Du willst zu diesem oder jenem Stadioneingang. Dafür hast du mehrere Routen zur Auswahl. Und dann drücken wir quasi auf ‚Play' und schauen uns an, wie sich die Situation im Ganzen entwickelt", beschreibt Jette Schumann. „Dabei berücksichtigen wir auch Einflussfaktoren wie das Wetter, welches sich auf das Anreiseverhalten auswirkt." Das Resultat kann sich die Forscherin auf einer Karte am Computermonitor anzeigen lassen: Kleine Punkte, die sich wie Ameisen entlang der Straßen und Gehwege zur Arena hinbewegen. Mal einzeln, oft aber in Grüppchen.

IN BRENNPUNKTE ZOOMEN

So lässt sich nachvollziehen, welche Route ein Pulk von Menschen durch die Stadt nimmt – und wie lange es dauert und welchen Einfluss es hat, wenn dieser Pulk zwischendurch von anderen Verkehrsteilnehmern unterbrochen wird. „Wir können stets sehen, wie viele Personen zu welcher Zeit an welchem Ort sind. Dann kann man reinzoomen und sagen: hier die Stelle zu dieser Zeit interessiert mich jetzt genauer", sagt Schumann.

Zum Beispiel ist der Anpfiff einer Vorrundenbegegnung in der Düsseldorfer Arena bereits um 15 Uhr. „Wenn sich gleichzeitig mit den Fans der Berufsverkehr durch die Stadt schiebt, hat das natürlich einen deutlichen Einfluss auf die Dauer der Wanderung zum Stadion und die verkehrliche Situation. Wie genau, das zeigen unsere Simulationen", erklärt die Expertin.

Das hilft Hauke Schmidt und den anderen Planer:innen sehr: „Wenn etwa der Fanwalk eine der Hauptverkehrsadern entlangläuft, müssen wir vorab kalkulieren, wie viel Platz wir ihm geben sollen. Bekommt er die ganze Straße oder müssen noch zwei Fahrspuren frei bleiben für andere Verkehrsteilnehmer?", sagt Hauke Schmidt. Ihre Ergebnisse geben die Projektpartner auch an andere Organisatoren weiter, etwa Erkenntnisse zur Auslastung der einzelnen Einlassbereiche an die für den Einlass zuständige EURO 2024 GmbH.

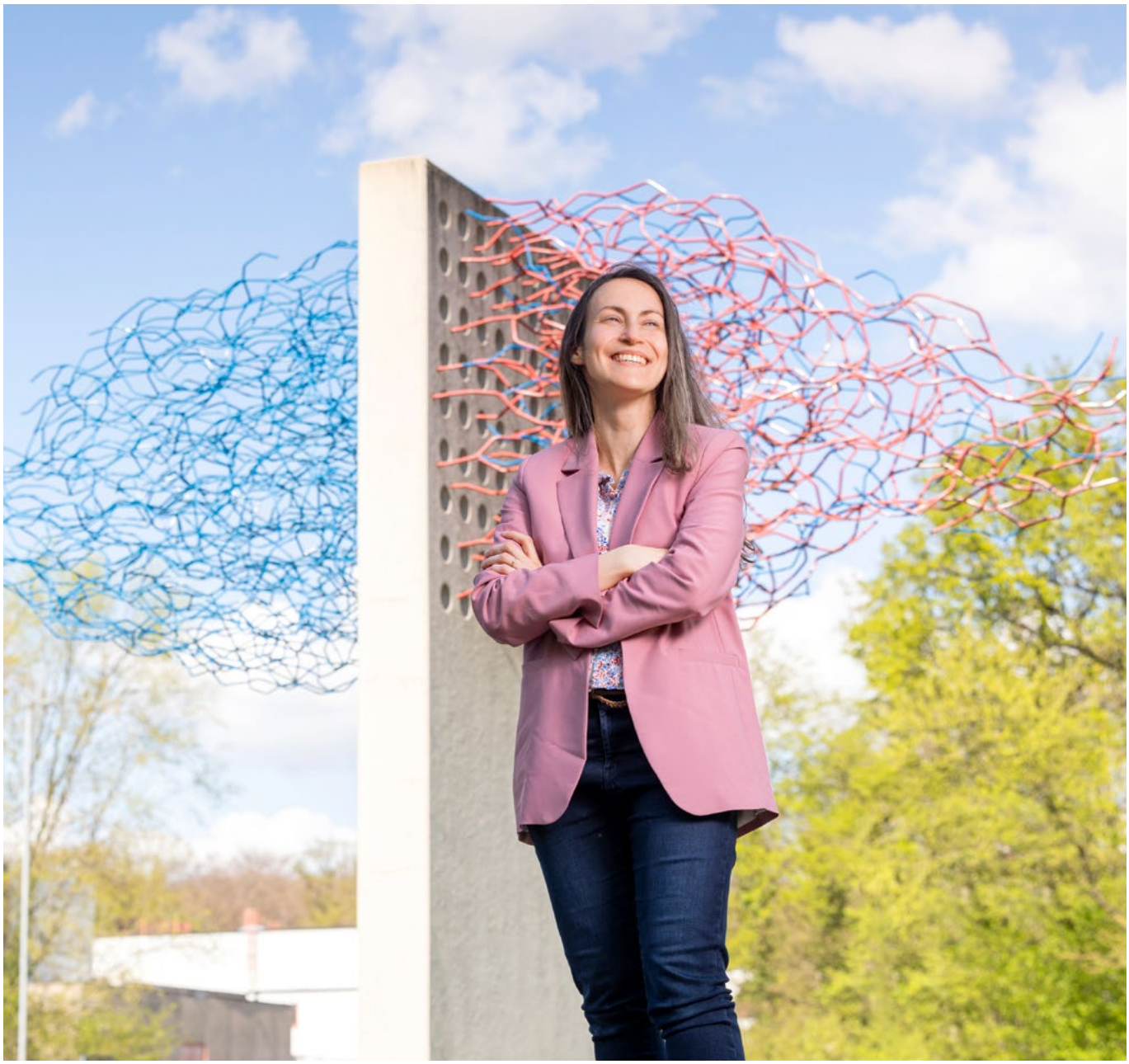
Für die Jülicher Forscher:innen ist mit der Fußball-EM allerdings erst die Halbzeit von CroMa-PRO erreicht. „Die Europameisterschaft ist das erste Anwendungsbeispiel für unsere Simulationssoftware. Danach arbeiten wir daran, das Konzept auf andere Veranstaltungen und Orte zu übertragen", so Jette Schumann.

ARNDT REUNING

CroMa-PRO

Das interdisziplinäre Forschungsprojekt CroMa-PRO entwickelt Lösungen, um die Besucherführung bei Großveranstaltungen zu optimieren. Ein wesentlicher Bestandteil sind Computersimulationen, mit denen bereits im Vorfeld die An- und Abreise von Besucher:innen untersucht werden kann. So können die Forscher:innen mögliche Szenarien durchspielen. Diese helfen Veranstaltenden und Sicherheitskräften, sich vorzubereiten, Sicherheitsmaßnahmen zu planen oder effiziente Anreiserouten vorzuschlagen. An dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt sind das Forschungszentrum Jülich, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, der Veranstaltungs- und Mobilitätsplaner Eventbande GmbH und der Stadionbetreiber D.LIVE beteiligt.





↑

Woran forschen Sie gerade, Frau Pizzoccaro-Zilamy?

Dr. Marie-Alix Pizzoccaro-Zilamy, Nachwuchsgruppenleiterin am Institute of Energy Materials and Devices (IMD-2)

„Ich entwickle hauchdünne Schichten mit regelmäßigen Poren, die nur bestimmte Bestandteile eines Gasgemischs durchlassen – im Prinzip wie in dem Kunstwerk hinter mir. Sie können mit solchen Filtermembranen etwa Wasserstoff von Erdgas trennen, nachdem beide zusammen durch Pipelines geschickt wurden. Oder auch Kohlenstoffdioxid aus Abgasen entfernen. Wir nutzen Materialien wie Zeolithe, die von Natur aus Poren enthalten. Ziel sind perfekte, wenige Atomlagen dünne Schichten auf stabileren Trägermaterialen, hergestellt in Verfahren, die sich auch industriell umsetzen lassen.“

go.fzj.de/effzett-pizzoccaro-zilamy



Innovatives Containerkonzept

In Jülich wird der leistungsstärkste Supercomputer Europas aufgebaut. Ein innovatives Gebäudekonzept erlaubt es, den Exascale-Rechner JUPITER flexibel zu modifizieren.

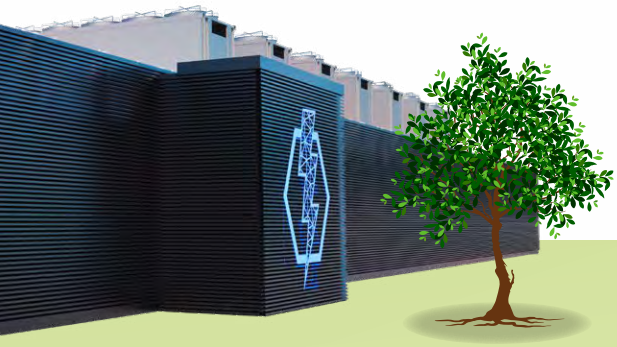
↑ Ein Flachbau aus rund 50 Containern wird den Exascale-Rechner JUPITER auf dem Jülicher Campus beherbergen.

Der 15. Juni 2022 war ein bedeutsames Datum für das Forschungszentrum. An diesem Tag entschied die europäische Supercomputing-Initiative EuroHPC JU, dass der erste europäische Hochleistungsrechner der Exascale-Klasse in Jülich entstehen wird. Benedikt von St. Vieth leitet am Jülich Supercomputing Centre (JSC) die Abteilung, die für den Aufbau und den Betrieb der gigantischen Rechenmaschinen zuständig ist. Im kommenden Winter soll der Neuzugang JUPITER eingeweiht werden, erklärt der Experte: „Es handelt sich um einen Exascale-Rechner. Er kann pro Sekunde eine Trillion Rechenoperationen ausführen. Das ist eine 1 mit achtzehn Nullen. Dafür bräuchten Sie zehn Millionen Notebooks. Bisher gibt es nur zwei öffentlich bekannte Computer dieser Leistungsklasse, beide stehen in den USA."

Die ersten Planungen für einen Exascale-Rechner am Standort Jülich begannen 2019. Als drei Jahre später die Entscheidung fiel, hatten sich jedoch die Voraussetzungen geändert: „Durch die Pandemie und den Angriffskrieg auf die Ukraine waren die Preise und damit auch die Baukosten explodiert", erinnert sich von St. Vieth. Und damit stand das bisherige Konzept für das Rechenzentrum, das den neuen Supercomputer beherbergen sollte, zur Disposition.

Ursprünglich war geplant, ein mehrstöckiges Gebäude zu errichten. Eine zentrale Infrastruktur hätte JUPITER mit Strom und Kühlwasser versorgt. Doch nicht nur die Kosten sprachen inzwischen gegen solch eine Standardlösung, sondern auch der enge Zeitrahmen bis zur Inbetriebnahme. „Daher haben wir uns entschieden, kein klassisches Rechenzentrum zu errichten, sondern ein modulares Gebäude in Containerbauweise. Das geht schneller und ist günstiger", sagt Benedikt von St. Vieth.

Am grundlegenden Aufbau des Superrechners ändert sich durch die neuartige Bauweise zunächst einmal nichts. Das Gebäude wird auf einer Fläche von ungefähr einem halben Fuß-



ballfeld stehen. Es wird aus rund 50 Containern aufgebaut, die von dem IT-Unternehmen Eviden (Atos-Gruppe) gefertigt und geliefert werden. Auf den ersten Blick ähneln sie den Metallkästen, wie man sie von Überseefrachtern kennt sagt der Experte: „Es sind aber Spezialanfertigungen in Überlänge. Immer zwei Container werden zu einem IT-Modul miteinander kombiniert. Solch ein Doppelcontainer enthält 20 Computerracks. Das sind die Schränke, in denen die über 7.000 Server untergebracht sind.“ Jedes Modul besitzt eigene Transformatoren für die Stromversorgung und eine eigene Infrastruktur zur Kühlung. Dabei handelt es sich um eine nachhaltige Warmwasserkühlung: Das Wasser erhitzt sich von 36 auf über 40 Grad Celsius. Über einen Wärmetauscher kann die thermische Energie genutzt werden, um beispielsweise Heizungsanlagen auf dem Campus zu versorgen.

„Mittlerweile sind wir überzeugt, dass wir mit dem modularen Aufbau von JUPITER wegweisend sind“, sagt Benedikt von St. Vieth. „Natürlich könnte die Containerbauweise auch Nachteile haben, was die Exposition gegenüber der Natur angeht. Regenwasser könnte eindringen. Doch wir denken nicht, dass das zu einem Problem wird.“ Der Vorteil der Modularbauweise: Sie ermöglicht eine hohe Flexibilität. Einzelne Container lassen sich verhältnismäßig einfach austauschen, um die Gesamtanlage auf neue Anforderungen hin zu optimieren. Von St. Vieth: „Schon die nächste Rechnergeneration mit deutlich höheren Anforderungen ließe sich modulweise leicht in die Gesamtarchitektur integrieren. Klassische Rechenzentren, die vor zehn bis 20 Jahren errichtet wurden, stoßen dagegen bei solchen Ausbaumaßnahmen an ihre Kapazitätsgrenzen, was Stromversorgung und Wärmeableitung angeht.“

Durch die Containerbauweise besteht auch die Möglichkeit, in Zukunft Module zu integrieren, die auf einer ganz anderen Rechentechnik basieren. Etwa Quantencomputer oder neuromorphe Systeme, die von der Funktionsweise des menschlichen Gehirns inspiriert sind, erklärt Benedikt von St. Vieth: „Zum jetzigen Stand sind solche alternativen Konzepte, die über das binäre Computing hinausgehen, für JUPITER nicht vorgesehen. Würde solch ein Modul aber kommen, könnte man es über die Containerbauweise ohne Probleme integrieren. Nicht schlecht für ein Konzept, das eigentlich als Notlösung gedacht war.“

ARNDT REUNING



↑ Benedikt von St. Vieth leitet am Jülich Supercomputing Centre die Abteilung, die für Aufbau und Betrieb des künftigen Exascale-Rechners zuständig ist.

Besonders gut für KI geeignet

JUPITER ermöglicht der Wissenschaft, Simulationen so detailliert zu berechnen wie noch nie zuvor. Seien es umfassende Berechnungen zur Klimaforschung, zur Strömungsmechanik oder Molekulardynamik. Eine wichtige Rolle kommt dabei den KI-Algorithmen zu, sagt Prof. Thomas Lippert, Direktor des Jülich Supercomputing Centre: „JUPITER wird sich hervorragend für Anwendungen der Künstlichen Intelligenz eignen.“ Im Kern von JUPITER rechnet ein Booster-Modul mit rund 24.000 GPUs (Grafikprozessoren) von NVIDIA, die speziell auf KI-Anwendungen zugeschnitten sind. Unterstützt wird dieses von einem Cluster-Modul, das sich für universelle Aufgaben eignet. Durch die modulare Systemarchitektur, die in Jülich schon vor etlichen Jahren als Software entwickelt wurde, können beide Komponenten auch Hand in Hand arbeiten und damit besonders effektiv rechnen.



← Die Fläche, auf der das neue Gebäude stehen wird, misst fast 3.600 Quadratmeter – das entspricht etwa einem halben UEFA-Fußballfeld.

Typisch Mann? Typisch Frau? Typisch ICH!

Frauen können nicht einparken und Männer nicht zuhören. Sind das nur Vorurteile oder sind weibliche und männliche Gehirne tatsächlich unterschiedlich organisiert? Jülicher Forscher:innen ließen eine Künstliche Intelligenz entscheiden. Das Ergebnis: Es ist kompliziert.

Mit der Entdeckung der beiden Sprachzentren für die Lautartikulation und das Sprachverstehen durch den französischen Anatom Paul Broca 1861 und den deutschen Neurologen Carl Wernicke 1874 begann die detaillierte Kartierung des Gehirns. Heute ist bekannt, welche Gehirnareale uns sprechen, sehen, hören, bewegen, verstehen und fühlen lassen. Und dennoch: Im Detail ist jedes Gehirn anders.

„Wir interessieren uns für die individuellen Unterschiede in der strukturellen und funktionellen Organisation des Gehirns“, sagt Privatdozentin Susanne Weis, Leiterin der Gruppe „Variabilität des Gehirns“ am Institut für Neurowissenschaften und Medizin (INM-7). Ein sehr grundlegender Unterschied zwischen Individuen ist ihr Geschlecht.* Anatomisch ist es in den meisten Fällen eindeutig männlich oder weiblich. Susanne Weis und ihr Team wollten wissen, ob sich diese Unterschiede auch im Gehirn zeigen und wenn ja, wo.

JEDER MENSCH EIN BUNTER MIX

Entgegen früheren psychologischen Tests, in welchen Frauen und Männer wettbewerbsartig in den Disziplinen räumliches Denken, Sprachverstehen oder Feinmotorik gegeneinander antraten, taten die Proband:innen in der Jülicher Studie: nichts. „Wir wollten sehen, welche Unterschiede es im Ruhezustand gibt, losgelöst von irgendwelchen Aufgaben“, betont Weis. Hierzu ließ das Team eine Künstliche Intelligenz über 1.600 Kernspinaufnahmen aus eigenen und mehreren großen Gehirnstudien durchforsten.

Die KI war darauf trainiert, Muster in 500 funktionellen Regionen des Gehirns zu erkennen, sie als typisch männlich oder typisch weiblich einzustufen und dann zu entscheiden: Das ist ein Mann, das ist eine Frau. Die Trefferquote: rund 70 Prozent. „Wieso aber nicht 100 Prozent?“, fragt Weis. Bei genauer Betrachtung der Daten stellte sich heraus: Jede einzelne der 500 Regionen kann bei jedem Menschen eher in die Kategorie männlich oder weiblich fallen – oder sogar in beide Bereiche. So ergibt sich für jede Person ein bunter Mix aus männlichen, weiblichen und uneindeutigen Arealen. „Und das ist bei der Mehrheit der getesteten Gehirne der Fall“, unterstreicht Weis. Rein weibliche oder rein männliche Gehirne gibt es also kaum, sondern fast ausschließlich Gehirne mit mehr weiblichen, mehr männlichen oder überwiegend uneindeutigen Regionen.

IM ALTER ÄHNLICHER

Die Trefferquote der KI lag in manchen Hirnregionen höher als in anderen: In den Regionen für Emotionen, soziales Verständnis, räumliches Gedächtnis und Sprache entdeckte die KI deutliche Unterschiede zwischen Männer und Frauen. Also doch typisch Mann, typisch Frau? „Stereotypen kommen nicht von ungefähr“, gibt Susanne Weis zu bedenken, „aber die Studien zeigen, es gibt nicht das typische männliche oder das typisch weibliche Gehirn, sondern wir alle liegen irgendwo dazwischen.“ Und es sei auch noch nicht abschließend geklärt, woher die Unterschiede in den Gehirnregionen kommen: ob sie etwa angeboren, anerzogen oder durch die Umwelt, den Lebensstil beziehungsweise die Erfahrungen geformt sind, so Weis.

Ein für die Forscher:innen völlig überraschendes Ergebnis spielt in diese Frage hinein: Die KI identifizierte im Gehirn junger Menschen sehr viel mehr Regionen, die sich als typisch männlich oder typisch weiblich einstufen ließen. Gleichen sich die Geschlechter im Alter immer also immer mehr an? Intuitiv hatten die Forscher:innen vermutet, dass sich im Laufe des Lebens die Unterschiede zwischen Männern und Frauen verstärken, durch soziale Prägung zum Beispiel. Eine mögliche Interpretation: „Jedes Gehirn wird mit dem Alter etwas weniger leistungsfähig. Um das zu kompensieren, muss es andere Möglichkeiten finden, mit bestimmten Aufgaben umzugehen.

Offenbar gibt im Laufe der Zeit zunehmend weniger unterschiedliche Möglichkeiten, sodass wir uns immer ähnlicher werden“, vermutet die Neurowissenschaftlerin. Diese Daten wollen sich die Forscher:innen aber noch einmal genauer anschauen.

Was die Interpretation der Daten zudem verkompliziert: „Die Funktion und Organisation des Gehirns verschiebt sich immer wieder – mitunter sogar innerhalb eines Monats“, betont Weis. So arbeiten die Gehirnhälften von Frauen je nach Phase ihres Menstruationszyklus mal mehr und mal weniger zusammen. Weis und ihre Kolleg:innen plädieren daher dafür, dass bei Gehirnstudien immer auch der Hormonstatus der Proband:innen erhoben wird, um dessen Effekte besser zu verstehen.

INDIVIDUELLER UND TOLERANTER

Da offensichtlich ganz viel vom anderen Geschlecht in einem steckt, sieht Susanne Weis insbesondere die gegenseitige Toleranz gestärkt: „Die Überlappung der männlichen und weiblichen Eigenschaften des Gehirns ist enorm hoch – jedes Gehirn ist ein einzigartiges Mosaik aus beiden.“

Sie warnt daher davor, in die Falle der selektiven Wahrnehmung zu tappen: „Vielleicht kategorisiert man einen schlecht einparkenden Mann als Ausnahme und vergisst den Vorfall ganz rasch. Wohingegen die gut zuhörende Frau in die schon vorhandene Schublade der weiblichen Empathie gesteckt wird. Das Geschlecht ist zwar ein Aspekt, der unser Gehirn beeinflusst“, sagt Weis, „aber es ist nur ein Faktor. Ganz viele weitere Komponenten machen uns zu der Person, die wir sind: zum einzigartigen und typischen ‚Ich‘.“

BRIGITTE STAHL-BUSSE

* In den meisten bisher durchgeführten Gehirnstudien wird nicht danach gefragt, welchem Geschlecht sich jemand zugehörig fühlt. Es wird nur das biologische Geschlecht erfasst. Im INM-7 wird aber auch zu Fragen des sozialen Geschlechts geforscht, etwa zu Transgender. Soziales Geschlecht bezieht sich auf die individuelle Identität und die soziale Rolle eines Menschen in Bezug auf das Geschlecht.



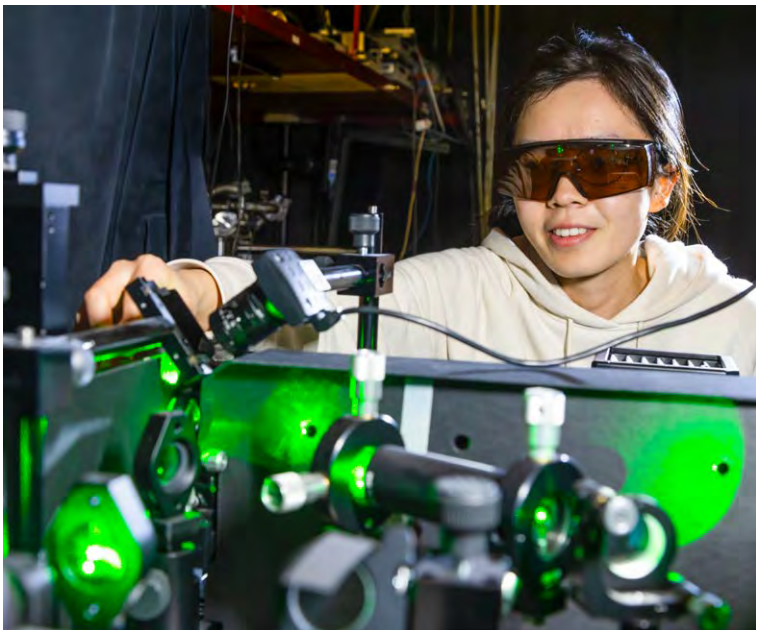
„Die Überlappung der männlichen und weiblichen Eigenschaften des Gehirns ist enorm hoch – jedes Gehirn ist ein einzigartiges Mosaik aus beiden.“

SUSANNE WEIS

↑ Dr. Susanne Weis untersucht, ob sich das biologische Geschlecht auch im Gehirn widerspiegelt.

Lichtblick

Dank einer verbesserten Messtechnik haben Jülicher Forscher:innen neue Erkenntnisse über Perowskit-Solarzellen gewonnen: Dass ihr Wirkungsgrad mit Silizium-Solarzellen mithalten kann, liegt offenbar an bestimmten Defekten.



↑ Photolumineszenz-Messplatz: Dr. Genghua Yan war verantwortlich für einen Großteil der Messungen in den Perowskit-Solarzellen.

Keine Solarzelle ist perfekt – irgendwo finden sich immer kleine Unregelmäßigkeiten im atomaren Aufbau der Materialien. Diese Defekte lassen sich auch nicht vermeiden. Ungünstig, denn sie verringern die Effizienz der Zellen.

Mit einer neuartigen Methode haben Jülicher Forscher:innen die Defekte in Perowskit-Solarzellen und deren Auswirkungen genauer beobachtet. Sie haben festgestellt, dass es Unterschiede zu anderen Solarzelltypen gibt, was den hohen Wirkungsgrad der Perowskit-Zellen erklären könnte.

Um die Beobachtungen zu verstehen, muss man sich den energetischen Aufbau von Halbleitern, dem Material der Solarzelle, ansehen. Die Forschung nutzt dafür das sogenannte Bändermodell. Verschiedene Energiezustände werden darin in Form von Bändern dargestellt.

Die energiereichsten Elektronen liegen normalerweise im nichtleitenden Valenzband. Angeregt durch Licht können sie über eine Lücke in ein anderes Band springen, das Leitungsband. Erst dort können sie sich bewegen und zum elektrischen Kontakt wandern. So fließt dann Strom. Allerdings verlieren einige angeregte Elektronen ihre Energie auf dem Weg zum Kontakt und fallen ins Valenzband zurück. Dadurch fließt weniger Strom und die Solarzelle ist weniger effizient. Spontan passiert das aber selten, Defekte beschleunigen das Zurückfallen der Elektronen.

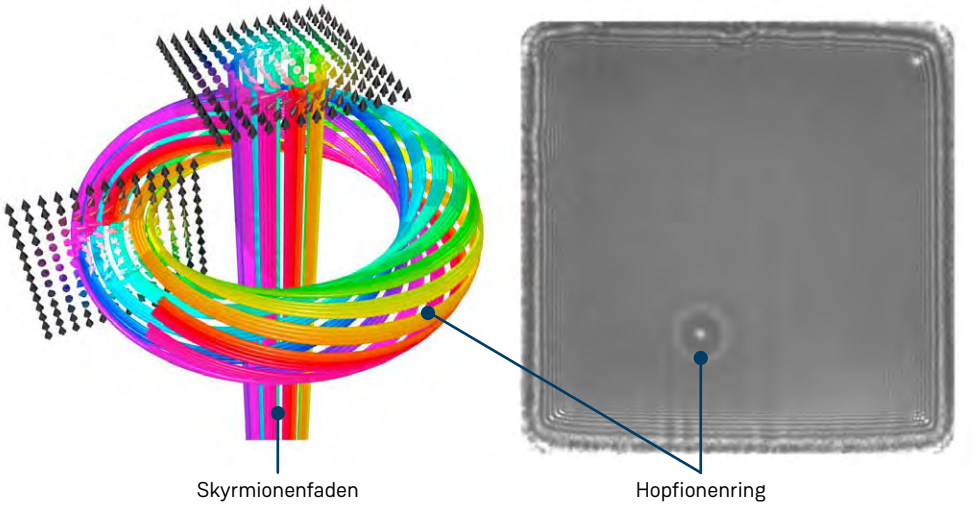
LÄNGER ANGEREGT

„Bislang ging man davon aus, dass die verantwortlichen Defekte energetisch gesehen überwiegend in der Mitte zwischen den beiden Bändern liegen“, sagt Prof. Thomas Kirchartz vom Institute of Energy Materials and Devices (IMD-3). „Doch unsere Untersuchungen zeigen, dass bei Perowskit-Solarzellen vor allem Defekte auftreten, die sich in der Nähe des Valenz- oder des Leitungsbands befinden.“

Das führt offenbar dazu, dass die angeregten Elektronen nicht so schnell ihre Energie verlieren. Weitere Untersuchungen müssen nun klären, warum bei Perowskit-Solarzellen dieser Defekt dominiert.

Möglich wurden die Beobachtungen durch eine neuartige Messung mittels Photolumineszenz. Das ist eine Leuchterscheinung, bei der mit Licht angeregte Photonen ausgestrahlt werden. Die Jülicher Forscher:innen haben die Messmethode so verfeinert, dass sie damit die verschiedenen Defekte erstmals voneinander unterscheiden konnten.

BARBARA SCHUNK/CHRISTIAN HOHLFELD



Existenz eines Exoten nachgewiesen

Sie sind winzig, komplex, aber stabil – und sie könnten den Weg für neuartige Datenspeicher eröffnen. Erstmals hat ein internationales Team sogenannte Hopfionen, ringförmige 3D-Magnetstrukturen, in einem Festkörper nachgewiesen.

Die Existenz von Hopfionen wurde bereits vor Jahrzehnten vorhergesagt, doch bislang blieben sie nur Theorie. Experimente am Forschungszentrum Jülich haben gezeigt, dass Hopfionen tatsächlich in einem magnetischen Material vorkommen. Dazu nutzten die Wissenschaftler:innen aus Jülich, China und Schweden ein kleines Stück aus einem Eisen-Germanium-Einkristall. In dem Stück erzeugten sie dann die Hopfionenringe. „Diese Magnetstrukturen haben eine charakteristische Größe von zehn Nanometern und sind möglicherweise die komplexeste Struktur, die jemals experimentell in dreidimensionalen magnetischen Kristallen beobachtet wurde“, sagt Dr. Nikolai Kiselev vom Peter Grünberg Institut (PGI-1).

Aber nicht nur das: „Mit ihrer komplexen Struktur und Dreidimensionalität eröffnen sie einen neuen Forschungszweig und könnten wegweisend für neuartige Datenspeicher und neuromorphe Computer der Zukunft werden“, ergänzt Prof. Stefan Blügel, Direktor des PGI-1.

Die von den Forschern erzeugten Hopfionen sind an weitere exotische magnetische Strukturen gekoppelt: Skyrmionen. Diese zweidimensionalen Strukturen sorgen seit rund 20 Jahren in der Fachwelt für Aufsehen. Sowohl Skyrmionen als auch Hopfionen verhalten sich ähnlich wie gewöhnliche Teilchen, sind räumlich lokalisierbar und können sich unter dem Einfluss äußerer Kräfte bewegen und miteinander interagieren.

Die beobachteten Hopfionenringe umschließen die Skyrmionenfäden wie ein Ring einen Finger. Entlang der Fäden können sich die Hopfionenringe leicht auf und ab bewegen – oder gemeinsam mit diesen in jede räumliche Richtung, was sie zu vielversprechenden Kandidaten für unterschiedlichste zukünftige Computertechnologien macht.

Die Hopfionenringe zu erzeugen war eine Herausforderung: Das Team musste in vielen Versuchen die richtige Größe und Form für die Proben finden. Anschließend galt es, Hunderte von Stunden am Mikroskop zu verbringen, hauptsächlich am Ernst Ruska-Centrum für Mikroskopie und Spektroskopie mit Elektronen (ER-C). „Mit dem aus den Versuchen entwickelten Protokoll können wir die Hopfionen nun jederzeit erzeugen“, betont Stefan Blügel.

TOBIAS SCHLÖSSER



Alles

Er galt als Shootingstar der Wissenschaft und Anwärter auf den Nobelpreis: Jan Hendrik Schön. Allein 2001 erschienen 17 Arbeiten des Physikers in den renommierten Fachjournalen „Science“ und „Nature“. Dann folgte der tiefe Fall: Zwei Wissenschaftlerinnen entdeckten Ungereimtheiten in Schöns Daten, der Betrug flog auf. Schön hatte in großem Stil Daten gefälscht und manipuliert. Die Uni Konstanz, an der Schön promoviert hatte, sprach vom „größten Fälschungsskandal in der Physik der letzten 50 Jahre“. Es waren vor allem die Rohdaten, die Schön nicht vorlegen konnte, um die Richtigkeit seiner Arbeiten zu belegen. Bis heute bestreitet der Physiker, die Daten und Abbildungen absichtlich gefälscht zu haben.

DER QUANTENPHYSIKER

„Schöns Geschichte hat damals einen großen Ruck in der Physik ausgelöst“, erzählt der Jülicher Quantenphysiker Vincent Mourik, der zu jener Zeit noch ein Teenager war. Der Weckruf habe aber bis in seine Studienzeiten an der TU Delft nachgewirkt. „Das eigentliche Problem wurde jedoch nicht gelöst, sondern hat sich nur verschoben“, ist der 37-Jährige überzeugt. Der Niederländer forscht am JARA-Institut für Quanteninformation im Forschungszentrum Jülich und baut eine Nachwuchsgruppe für sein Solid State Quantum Devices Laboratory auf.

„Das Problem in der Wissenschaft ist heute weniger, dass Daten gefälscht werden, sondern eher, wie wir die Datenflut interpretieren: Wie habe ich die Daten ausgewählt, wie mache ich sie sichtbar und welche Erfolgsstory will ich erzählen“, erklärt Mourik. Seine eigenen Erfahrungen haben dazu geführt, dass er heute ein Open-Science-Befürworter ist.

Fehler passieren – nur wie geht man mit ihnen um? Ein Quantenphysiker, eine Biochemikerin und eine Open-Science-Managerin schildern ihre Erfahrungen – und welche Rolle Open Science für eine bessere Fehlerkultur spielen kann.

offenlegen!

Mouriks Geschichte: Der Physiker hatte 2019 mit einem ehemaligen Kollegen Ungereimtheiten in einem „Nature“-Artikel entdeckt, den jene Delfter Arbeitsgruppe veröffentlicht hatte, in der Mourik einst promoviert hat. Das Paper beschäftigte sich mit dem sogenannten Majorana-Teilchen, das in der Community für sehr viel Aufsehen sorgte. Mourik und sein Kollege wunderten sich über die plötzlichen Fortschritte der Kolleg:innen, hatten sie doch selbst viele Jahre zu dem Thema geforscht. Sie baten um die Primärdaten, rechneten alles nach – und entdeckten Ungereimtheiten.

„Die Wissenschaftler:innen hatten nur jene Daten ausgewertet, die ihre Hypothese unterstützten“, erklärt Mourik. Die restlichen Daten ließen sie unter den Tisch fallen – ergebnisorientiertes Auswerten heißt dieses wissenschaftliche Fehlverhalten. „So etwas darf nicht passieren“, resümiert Mourik. Nach einigem Hin und Her zog die Arbeitsgruppe um Mouriks ehemaligen Doktorvater das Paper schließlich zurück. Die Geschichte ist aber bis heute nicht abgeschlossen: Ein zweiter „Nature“-Artikel musste zurückgezogen werden. Außerdem untersuchen Mourik und seine Kolleg:innen weitere veröffentlichte Artikel auf mögliche Fehler.

Mourik macht das hoch kompetitive Wissenschaftssystem für das Fehlverhalten verantwortlich: „Misserfolge kann sich heute eigentlich keiner mehr leisten. Was zählt, sind die Veröffentlichungen.“ Je mehr Veröffentlichungen und Erfolgsstorys, umso größer die Chance, Fördergelder einzuwerben, Forschungspreise zu bekommen und in der Wissenschaft Karriere zu machen. Dabei sei doch gerade die Wissenschaft ein Quell an Kreativität, Ideen, Versuchen, Annahmen – und eben auch Fehlern. Eine Chance, das System aufzubrechen, sieht er in Open Science und dem Teilen von Daten. Der Niederländer setzt sich für ein offenes Online-Publizieren einschließlich offener Peer-Review-Prozesse ein – ohne Ablehnung von Einreichungen.

„Plattformen sollten gemeinnützig sein und kommerzielle Wissenschaftszeitschriften sollten abgeschafft werden“, fordert er. In einem digitalen Zeitalter sei es nicht mehr zeitgemäß, komplexe Forschungsfragen auf wenige Journal-Seiten zu beschränken.



„Das Problem ist heute weniger, dass Daten gefälscht werden, sondern wie wir die Datenflut interpretieren.“

VINCENT MOURIK



„Dieser Tunnelblick auf die eigenen Daten ist menschlich, aber wissenschaftlich nicht korrekt.“

MARTINA POHL

DIE OMBUDSFRAU

Die Biochemikerin Prof. Martina Pohl kann Mouriks Unmut nachvollziehen. Sie ist seit mehr als drei Jahrzehnten als Forscherin im Einsatz und seit fünf Jahren zudem als Ombudsfrau für gute wissenschaftliche Praxis im Forschungszentrum Jülich. Das bedeutet: Wer Sorgen hat – sei es im Umgang mit Daten, Vorgesetzten oder Veröffentlichungen –, kann sich an Martina Pohl und zwei weitere Kollegen wenden. Für die Wissenschaftlerin steht fest: „Fehler passieren. Entscheidend ist, wie wir mit ihnen umgehen. Wir sollten zu ihnen stehen und aus ihnen lernen.“

Einen Fall, wie Vincent Mourik ihn schildert, habe sie am Forschungszentrum noch nicht erlebt, „was jedoch nicht bedeutet, dass es solche Fälle nicht gibt.“ Das ergebnisorientierte Auswerten von Daten – wie es im Fall des zurückgezogenen „Nature“-Papers geschehen ist – sei schon der erste Schritt hin zu einem wissenschaftlichen Fehlverhalten. „Dieser Tunnelblick auf die eigenen Daten ist menschlich, aber wissenschaftlich nicht korrekt, sondern ein Verstoß gegen die gute wissenschaftliche Praxis“, bringt sie es auf den Punkt.

Geschehen Fehler, müsse man die Ursache erfassen. „Für uns Betreuer:innen von wissenschaftlichen Arbeiten bedeutet das aber auch, Verantwortung zu übernehmen: Wir müssen Bedingungen schaffen, dass sich die Fehler nicht wiederholen“, erklärt die 62-Jährige. Handele es sich um Informationslücken bei der korrekten Anwendung von Messmethoden oder bei der Auswertung, so müssen diese erkannt und durch entsprechende Aufklärung geschlossen werden.

Und befürchtet doch jemand einen potenziellen „Verstoß gegen die gute wissenschaftliche Praxis“, stehen Martina Pohl und ihre Kolleg:innen zur Verfügung und überprüfen den Verdachtsfall. „Reicht unsere Expertise nicht, würden wir weitere Experten ins Boot holen, die uns darin unterstützen, herauszufinden, ob der Verdacht begründet ist.“ Im Zweifelsfall gebe es einen Untersuchungsausschuss, auch der Vorstand würde miteinbezogen werden, um mögliche Konsequenzen zu ziehen.

Pohls Beobachtung: Das Wissenschaftssystem, seine Komplexität und Hierarchie, trügen dazu bei, dass sich insbesondere junge Wissenschaftler:innen oft schwertun, auf Fehlverhalten ihrer Vorgesetzten hinzuweisen: „Sie sind ja abhängig von der Institutsleitung, dem Doktorvater oder der Doktormutter“, sagt Martina Pohl. Als Hinweisgebende laufen sie dann Gefahr, die eigene wissenschaftliche Karriere zu beschädigen.

Auch Vincent Mourik quälten damals Karrieresorgen, als er sich entschied, das Majorana-Paper und damit seinen ehemaligen Doktorvater infrage zu stellen: „Ich lag nachts wach und habe stundenlang gegrübelt.“ Es sei eine schwierige





„Es geht darum, verlässliches und transparentes Wissen zu schaffen, von dem die Gesellschaft profitiert.“

MONICA GONZALEZ-MARQUEZ



Entscheidung gewesen. Doch irgendwann war er sich sicher: „Wenn ich als Experte keine Kritik üben darf, warum bin ich dann überhaupt Wissenschaftler geworden?“

DIE OPEN-SCIENCE-EXPERTIN

Wie Vincent Mourik ist auch Monica Gonzalez-Marquez von der Zentralbibliothek im Forschungszentrum Jülich davon überzeugt, dass Open Science eine Chance ist, Forschung und Fehler transparenter zu machen. Sie arbeitet als Open-Science-Managerin und „unterrichtet“ Forscher:innen im „Fach“ Open Science. Ihr Credo an die Wissenschaft: „Es geht darum, verlässliches und transparentes Wissen zu schaffen, von dem die Gesellschaft profitiert. Es reicht aber nicht, einfach nur Daten oder Paper zu teilen und öffentlich zur Verfügung zu stellen“, ist die Kognitionswissenschaftlerin überzeugt. Stattdessen braucht es eine standardisierte Dokumentation der Daten und Methoden, damit Wissenschaftlerinnen auch Jahre später noch darauf zurückgreifen können.

„Sind die Daten und Methoden nachvollziehbar dokumentiert, lassen sich nicht nur Förderanträge deutlich schneller schreiben, sondern auch Promotionen oder andere Forschungsarbeiten, weil Nutzer:innen ohne zeitaufwendige Recherche Daten und Methoden finden und auf sie zurückgreifen können“, erklärt die Open-Science-Managerin. Doch noch stehe man am Anfang: „Open Science ist noch eine sehr junge Bewegung. Die Forscher:innen müssen lernen, anders zu arbeiten und zu dokumentieren.“ Das sei keine Extraarbeit, sondern die Grundlage, von der alle profitieren.

An der Stelle setzt auch Vincent Mourik an: Als Gruppenleiter zählen für ihn nicht nur Erfolg und die Anzahl der Veröffentlichungen seiner Mitarbeiter:innen, sondern dass sie verantwortungsvoll und nachvollziehbar forschen und ihre Ergebnisse öffentlich teilen, um die Wissenschaft insgesamt voranzubringen. Sowohl Mourik als auch die Biochemikerin Pohl und die Open-Science-Managerin Gonzalez-Marquez sind überzeugt davon, dass Open Science hilft, Wissenschaft transparenter zu machen – und damit auch den Umgang mit Fehlern. Mouriks Fazit: „We can do better – da können wir besser werden“

KATJA LÜERS

Open-Science …

… zielt darauf, alle Informationen offenzulegen, die während des wissenschaftlichen Forschungsprozesses entstehen. So sollen sich Ergebnisse leichter nachvollziehen und weiter nutzen lassen. Diese Offenheit soll außerdem die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Gesellschaft fördern.

Die Beschleunigerin

Effizienter, schneller und nachhaltig: die Katalyse ist Regina Palkovits' Leidenschaft – und wichtiger Bestandteil von „catalaix", einem mit 106 Millionen Euro geförderten Projekt. Beschleunigung von Prozessen spielt aber auch sonst im Leben der Chemikerin eine entscheidende Rolle.



106 Millionen Euro für „catalaix" (s. Kasten) – eine unvorstellbar hohe Summe. Wie haben Sie auf die Zusage reagiert?
Es hat tatsächlich etwas gedauert, bis wir das Ausmaß wirklich realisiert hatten. Denn angefangen hatte es ganz klein – mit zehn Seiten, auf denen wir kondensiert unsere Vision für die Ausschreibung formuliert hatten. Es hatten sehr viele, sehr gute Wissenschaftler:innen ihren Hut in den Ring geworfen – dass wir am Ende gewonnen haben, war schon eine Überraschung.

Was hat Ihrer Meinung nach den Ausschlag gegeben?
Wir konnten in der Finalrunde unsere Stärken darstellen. Dazu gehört eine Standortstärke, die ich in Jülich ausbauen will: zügig von einer kreativen neuen Idee über den Experiment-Entwurf in eine belastbare Anwendung kommen. Das ist im universitären Bereich schwieriger.

Um was geht es in „catalaix"?
Wir wollen die Voraussetzungen schaffen, um Plastikmüll wiederzuverwerten. Mithilfe der Katalyse – jener Technologie, mit der die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen beeinflusst wird – sollen Kunststoffe in molekulare Bausteine zersetzt werden, die sich dann in verschiedene Wertstoffketten und Materialkreisläufe einspeisen lassen.

Dafür bekommen Sie sehr viel Geld – bedeutet das nicht auch viel Druck?
Druck ist ja oft damit verbunden, dass man glaubt, falsche Entscheidungen zu treffen. Aber wenn man vorher alle Argumente und die eigene Expertise nach bestem Wissen und Gewissen abwägt, ist es eine feine Sache, Verantwortung zu übernehmen. Natürlich kann es sein, dass etwas nicht funktioniert – aber selbst dann lernen wir doch etwas. Angst, dass nichts herauskommt, habe ich einfach nicht.



Zur Person

Seit 1. Oktober 2023 ist Prof. Regina Palkovits Direktorin am Institut für nachhaltige Wasserstoffwirtschaft (INW) am Forschungszentrum Jülich. Sie leitet den Institutsbereich Katalysatormaterialien (INW-2). Die 43-Jährige hat zugleich einen Lehrstuhl für Heterogene Katalyse und Technische Chemie am Institut für Technische und Makromolekulare Chemie an der RWTH Aachen. Als Forscherin an interdisziplinären Grenzen ist es ihr eine Herzensangelegenheit, Wissenschaft so verständlich wie möglich zu erklären – sowohl innerhalb der Wissenschaft als auch gegenüber der Öffentlichkeit. Bereits 2008 erhielt sie den Preis für „Verständliche Wissenschaft".

Ein Jahrhundert-Projekt

Anlässlich ihres 100-jährigen Bestehens im Jahr 2023 hat die Schweizer Werner Siemens-Stiftung (WSS) einen ungewöhnlichen Ideenwettbewerb ausgelobt: Ein „Jahrhundert-Projekt" sollte gefunden werden, für das die WSS in den kommenden zehn Jahren 100 Millionen Schweizer Franken zur Verfügung stellt. Insgesamt reichten 123 Teams aus Deutschland, Österreich und der Schweiz Ideenskizzen ein. Den Zuschlag bekam schließlich das 17-köpfige Team um Prof. Regina Palkovits und ihren Kollegen Prof. Jürgen Klankermayer von der RWTH Aachen. Von Jülicher Seite sind unter anderem Prof. Peter Wasserscheid vom Institut für nachhaltige Wasserstoffwirtschaft (INW) und Prof. Ulrich Schurr vom Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-2) beteiligt.

Dieses Urvertrauen – hat es Ihnen bereits bei der Wahl Ihres Fachgebietes geholfen? Im Chemie-Ingenieurwesen sind Frauen ja bis heute unterrepräsentiert.
Also, mir hat nie jemand „verraten", dass Mädchen Naturwissenschaften und Technik nicht können. Und das war gut so. Meine Lieblingsfächer waren immer Mathe und die Naturwissenschaften. Und ich war auf einem Mädchengymnasium – da hat mir auch niemand gesagt, dass Jungen die besseren Naturwissenschaftler sind. Und ich hatte das Glück, immer wieder großartige Mentoren zu finden, die mir stets Mut gemacht haben, meinen Weg zu gehen.

Auch Mentorinnen?
Tatsächlich hatte ich viele Jahre kein einziges weibliches Rollenmodell. Es gab im Ingenieur-



↑ Wissen weitergeben: für Regina Palkovits genauso wichtig wie ihre Forschung.

wesen nur sehr, sehr wenige Frauen. Dafür besteht mein Team heute zu zwei Dritteln aus Frauen, ohne dass ich explizit dafür etwas getan habe. Da sieht man, dass sich in den vergangenen 20 Jahren viel getan hat.

Was raten Sie jungen Wissenschaftlerinnen, die heute Karriere machen wollen?
Ich bin der Meinung, dass Frauen mit den üblicherweise als Stärken genannten Eigenschaften ein ideales Setting mitbringen – also hohe Kommunikationskompetenz, Empathie, gepaart mit Fachexpertise und einem guten Selbstbewusstsein. Sie müssen es nur als solches betrachten und auch Raum einfordern. Und Selbstreflexion ist wichtig. Aber auch darin sind Frauen sehr gut.

Und wie sehen Sie Ihre Rolle in der Nachwuchsförderung?
Mir macht es sehr viel Spaß, junge Menschen auf eine Karriere vorzubereiten, sie „aufzugleisen". Wir Förder:innen sollten uns darüber bewusst sein, dass wir – wenn wir es richtig machen – ein enormer Beschleunigungsfaktor sind und Weichen für die nächsten 20 Jahre oder länger stellen.



↑ Kunststoffabfall soll im Projekt „catalaix" wiederverwertet werden.

Eine Frage, die Männern bis heute leider noch immer kaum gestellt wird: Sie haben zwei Kinder und blicken auf eine erfolgreiche Karriere. Wie ist Ihnen dieser Spagat gelungen?
Mit einem tollen Mann (lacht). Er hat die Elternzeit übernommen und Stabilität in meinen Berufsalltag gebracht. Außerdem bietet die universitäre Umgebung viel Flexibilität – wenn man sie einfordert. Ich habe meine Kinder damals im Maxi Cosi oder Kinderwagen mit zu den Meetings genommen. Immer hat sich jemand gefunden, der sie über den Gang geschaukelt hat. Oder „Oma" hat mich als Kindermädchen auf Konferenzen begleitet. Aber klar: Ohne diesen Rückhalt wäre es schwierig geworden.

Sie haben viele Auszeichnungen erhalten – unter anderem wurden Sie zu den 100 Frauen von morgen gekürt. Was wollen Sie zukünftig noch erreichen?
Noch immer das gleiche wie vor 20 Jahren: Ich brauche keinen Nobelpreis, aber ich möchte Dinge in die Anwendung bringen und Wirksamkeit entfalten – und da sehe ich großartige Chancen, nicht nur in „catalaix", sondern insbesondere in der Kombination Direktorin in Jülich und Lehrstuhl an der RWTH Aachen.

DIE FRAGEN STELLTE KATJA LÜERS.

BESSERWISSEN

LITHIUM

Das chemische Element Lithium ist ein begehrter Rohstoff. Es steckt in wiederaufladbaren Batterien und gilt als Schlüsselstoff für die Energie- und Verkehrswende.

LITHIUM IST

das leichteste aller Metalle. Und es ist so weich, dass man es mit dem Messer schneiden kann, und so reaktiv, dass man es meist in Petroleum aufbewahrt, weil es sonst mit dem Sauerstoff und Stickstoff aus der Luft reagiert.





TECHNISCH

74 % des verwendeten Lithiums steckt in wiederaufladbaren Batterien, etwa 14 % in Glas und Keramik, 3 % in Schmierstoffen.*



THERAPEUTISCH

Einige Salze werden in der Medizin eingesetzt, etwa gegen Depressionen, bipolare Störungen oder Cluster-Kopfschmerz.



TÖDLICH

Nach dem 2. Weltkrieg nutzte man Lithium, um daraus Tritium für Wasserstoffbomben herzustellen.



BIG BANG

Lithium ist neben Wasserstoff und Helium eines der drei Elemente, die direkt nach dem Urknall entstanden sind.

WAS MACHT JÜLICH?

Jülich entwickelt Lithium-basierte Batterie-Typen weiter, forscht aber auch an Alternativen.

* Stand 2022 aus U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2022 (https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022.pdf, S. 100)

GEFÄLLT UNS

PODCAST „FORSCHUNGSQUARTETT“

Neuromorph macht effizienter

Schaut man auf die reine Leistung, ist KI unserem biologischen Gehirn weit voraus. Doch bei der Energieeffizienz ist unser Gehirn unschlagbar. Unser Denkorgan verbraucht nicht mehr Energie als eine Glühbirne – im Gegensatz dazu benötigen Superrechner Unmengen an Energie. Neuromorphes Computing könnte der Schlüssel sein, KI nach dem menschlichen Vorbild energieeffizienter zu gestalten. Darüber spricht Rainer Waser vom Jülich Institut für Elektronische Materialien (PGI-7) im aktuellen detektor.fm-Podcast „Forschungsquartett“.

– DETEKTOR.FM/WISSEN/FORSCHUNGSQUARTETT-NEUROMORPHES-COMPUTING –



JUGEND FORSCHT IM FORSCHUNGSZENTRUM

Kräuterpower für besseren Schlaf?

Mia und Zoe Strothmann haben ein kühnes Ziel: Mit Lavendel und Baldrian wollen sie Schlafstörungen passé machen. Wie wirksam die Gartenkräuter sind, präsentierten die beiden Schülerinnen im Januar beim Regionalwettbewerb „Jugend forscht“ im Forschungszentrum Jülich. 48 talentierte Nachwuchsforscher:innen aus der Region zeigten 31 spannende Projekte in Biologie, Physik, Chemie und Technik. Die besten Jungforscher:innen qualifizierten sich für die Landeswettbewerbe NRW.

– GO.FZJ.DE/EFFZETT-JUGENDFORSCHT2024 –

WISSENSCHAFTSJAHR

Zeit für Freiheit zu streiten

Im Jahr 2024 stehen Demokratien weltweit vor einer Fülle von Herausforderungen. Neben den Bedrohungen durch Krieg und Wirtschaftskonflikte werden demokratische Werte durch populistische Strömungen sowie Angriffe auf Toleranz und Meinungsfreiheit gefährdet. Wissenschaftseinrichtungen haben klare Signale gesendet und sich deutlich zu freiheitlichen Grundsätzen bekannt. Anlässlich des 75-jährigen Bestehens des Grundgesetzes sowie des 35. Jahrestags der friedlichen Revolution in der DDR ruft das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Wissenschaftsjahr 2024 zum Diskurs über Freiheit auf.

– WISSENSCHAFTSJAHR.DE/2024 –

FORSCHUNG IN EINEM TRÖT

Weltrekord! Ein organisches Solarmodul erzielt erstmals einen Wirkungsgrad von über 14 Prozent. Der Abstand zu Silizium-Modulen schrumpft.



Organische Photovoltaik (OPV) gilt als umweltfreundliche Alternative zu Silizium-Modulen. OPV-Module können zudem biegsam und transparent sein. Doch in Sachen Effizienz hat Silizium die Nase vorn. Mit ihm lassen sich Wirkungsgrade von über 20 Prozent erreichen. Der Rekord der Forscher:innen des Helmholtz-Instituts Erlangen-Nürnberg für Erneuerbare Energien (HI ERN) und der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) zeigt aber, dass viel Potenzial in OPV steckt.

Link zur Pressemitteilung: **go.fzj.de/effzett-OPV-Weltrekord**
Link zum Video: **go.fzj.de/effzett-OPV-Weltrekordvideo**

JÜLICH
Forschungszentrum
Wandel gestalten